



TÄYTEAINEIDEN VAIKUTUS PAPERIN HUOKOISUUTEEN

Joonas Kiiala

Opinnäytetyö
Joulukuu 2014
Paperi-, tekstiili- ja
kemiantekniikan
koulutusohjelma
Paperitekniikan
suuntaaminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperi-, tekstiili- ja kemiantekniikka
Paperitekniikan suuntautumisvaihtoehto

KIIALA JOONAS:

Täyteaineiden vaikutus paperin huokoisuuteen

Opinnäytetyö 26 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Joulukuu 2014

Täyteaineita käytetään paperi- ja kartonkiteollisuudessa korvaamaan kalliimpaa kuituraaka-ainetta ja parantamaan paperin ja kartongin tiettyjä ominaisuuksia. Täyteaineiden osuus on yleensä suurempi papereissa kuin kartongeissa.

Uudet innovaatiot kehittävät paperille ja sen raaka-aineille uusia käyttökohteita paperialan ulkopuolelle. Lisäksi valmistusmentelmiä uusitaan.

Huokoisuus vaikuttaa painettavuuteen, sillä painoväri imeytyy tehokkaammin paperin huokosiin. Kalanterointi tiivistää paperia ja samalla puristaa huokosia kasaan. Suuret huokoiset säilyttävät paperin valonsirontaominaisuuksia kalanteroidessa.

Työn kokeellinen osa sisältää luottamuksellista tausta-aineistoa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Paper, Textile and Chemical Engineering
Option of Paper Technology

KIIALA JOONAS:

The Effect of Fillers on Porosity of Paper

Bachelor's thesis 26 pages, appendices 0 pages
December 2014

The fillers are used in the paper and board industry to replace more expensive fiber material and to improve certain properties of paper and board. The proportion of fillers is usually higher in papers than in paperboards.

Latest innovations try to come up with new applications for paper and its raw materials. In addition, new manufacturing methods are being developed.

Porosity affects the printability as the ink is absorbed more efficiently by pores in the paper. Calendering compresses the paper and the pores are also compressed. Large pores retain light scattering properties when paper is calendered.

The experimental part of this thesis contains confidential information.

Key words: paper porosity filler

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KIRJALLISUUSOSA	7
2.1	Täyteaineet.....	7
2.1.1	Kalsiumkarbonaatti	7
2.1.2	Kaoliini.....	8
2.1.3	Talkki	8
2.1.4	Muut täyteaineet.....	9
2.2	Täyteaineiden käyttöön soveltuvat paperit ja kartongit	10
2.2.1	Paino- ja kirjoituspaperit	10
2.2.2	Erikoispaperit	12
2.2.3	Kartongit	13
2.3	Uusimmat innovaatiot.....	17
2.4	Huokoisuus ja painettavuus	18
2.4.1	Offset.....	19
2.4.2	Syväpaino.....	20
2.4.3	Kohopaino	20
2.4.4	Seripaino	21
2.4.5	Fleksopaino	21
2.4.6	Digitaaliset painomenetelmät.....	21
2.5	Kalanteroinnin vaikutus	22
	LÄHTEET.....	25

LYHENTEET JA TERMIT

CTMP	Chemi-thermo mechanical pulp, kemihierre
DIP	Deinked pulp, kiertokuitu, josta on poistettu painoväri
FBB	Folding box board, taivekartonki
FCO-paperi	Film coated offset, filmipäällystetty offset paperi
GCC	Ground calsium carbonate, jauhettu kalsiumkarbonaatti
GW	Groundwood, hioke
LPB	Liquid packaging board, nestepakkauskartonki
LWC-paperi	Light weight coated, kevyesti päällystetty paperi
MFS-paperi	Machine finished specialties, konekalanteroitu erikoispaperi
MWC-paperi	Medium weight coated, kaksoispäällystetty paperi
OCC	Old corrugated containers, kerrätetty aaltopahvi
PCC	Precipitated calcium carbonate, saostettu kalsiumkarbonaatti
PGW	Pressurized groundwood, painehioke
SBS	Solid bleached sulfate board, valkaistu sellukartonki
SC-paperi	Supercalandered, Superkalanteroitu paperi
SR-luku	Schopper Riegler suotautuvuusluku
SUS	Solid unbleached sulfate board, valkaisematon sellukartonki
TD-paperi	Telephone directory, luettelopaperi
TMP	Thermomechanical pulp, kuumahierre
WFC-paperi	Wood free coated, puuvapaa päällystetty paperi
WFU-paperi	Wood free uncoated, puuvapaa päällystämätön paperi
WLC	White lined chipboard, valkopintainen keräyskuitukartonki

1 JOHDANTO

Täyteaineita käytetään tavanomaisesti parantamaan paperin optisia ominaisuuksia. Tässä työssä tutkitaan huokoisuuden vaikutuksia paperin ominaisuuksiin tarkastellen myös muita piirteitä. Työ on jaettu kahteen osaan: kirjallisuusosaan ja kokeelliseen osaan.

Kirjallisuusosassa tarkastellaan ensin eri täyteaineiden ominaisuuksia, vaikutuksia ja rakenteita. Tämän jälkeen katsotaan eri paperi- ja kartonkilajeja ja kuinka näissä käytetään täyteaineita. Käydään läpi joitakin uusia paperialan innovaatioita ja lopuksi tarkastellaan vielä painettavuutta ja kalanteroinnin vaikutusta.

Kokeellinen osa on luottamuksellinen.

2 KIRJALLISUUSOSA

2.1 Täyteaineet

Täyteaineet ovat valkoisia hienojakoisia pigmenttijauheita, joita valmistetaan luonnon mineraaleista joko suoraan tai kemiallisen prosessin kautta. Täyteaineita voidaan myös valmistaa synteettisesti monenlaisista raaka-aineista. Täyteaineet koostuvat hiukkasista, joiden partikkelikokojakauma riippuu täyteainelajista. Hiukkaskokojakauma on tyypillisesti noin 1–5 µm, mutta tämä voi vaihdella myös laajemmalla kokonaisalueella, kuten 0,1–30 µm. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 37)

Merkittävimpiä ominaisuuksia täyteaineilla on partikkelikoko ja -muoto, suurempi tiheys verrattuna kuitumateriaaliin, huono sitoutumiskyky ja pintakemialliset ominaisuudet. Kun massan joukkoon lisätään täyteaineita, niin paperin lujuusominaisuudet heikentyvät. Lujuuden säilyttämiseksi voidaan sellun määrää lisätä, mutta tällöin menetetään osa kuitumateriaalin ja täyteaineen välisestä hintaerosta saatavasta kustannussäästöstä. (KnowPap 2013, raaka-aineet)

Yleisimpiä täyteaineita ovat kalsiumkarbonaatti, kaoliini ja talkki. Näistä kerrotaan tarkemmin seuraavissa luvuissa.

2.1.1 Kalsiumkarbonaatti

Kalsiumkarbonaattia käytetään paperiteollisuudessa jauhattuna (GCC) tai saostettuna (PCC). Jauhattua kalsiumkarbonaattia saadaan luonnon liidusta, marmorista ja kalkkikivestä. Liidusta saadun GCC:n vaaleus on alhaisempi kuin marmorin ja kalkkikiven. Partikkelit ovat muodoltaan pyöreitä ja rosoreunaisia. GCC parantaa opasiteettia ja antaa paremman kirkkauden verrattuna kaoliiniin. Rakenteestaan johtuen GCC ei pysty levymäisten täytepartikkelien tavoin sulkemaan paperin pintaa. GCC antaa kestävyyttä ilman rikkidioksidia vastaan ja parantaa coldset-offsetin painettavuusominaisuuksia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 15–17)

Synteettinen PCC valmistetaan kalkkikivestä ensin polttamalla ja sitten uudelleensaostamalla tämä hiilidioksidin avulla. PCC:llä on useita kristallimaisia

esiintymismuotoja. PCC tarjoaa korkean kiillon heikentämättä opasiteettia. Vaaleus vaihtelee väliltä 94–97 % riippuen minkä muotoisia partikkeleita on käytössä ja kuinka paljon näissä on valoa sirottavia pintoja. Muita PCC:n etuja on bulkin ja retention parantaminen. PCC kuitenkin heikentää vedenpoistoa ja lujuuksia enemmän verrattuna karkeampiin levymäisiin täyteaineisiin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 16–17)

Karbonaattia voidaan, muodosta riippumatta, kuitenkin käyttää vain neutraaleissa oloissa, kun pH on yli 6,8. Happamemmissa oloissa kiinteä karbonaattia alkaa hajota ja tämä aiheuttaa ongelmia prosessiin, kuten saostumia ja hiilidioksidikaasun määrän kasvamista. (KnowPap 2013, raaka-aineet)

2.1.2 Kaoliini

Kaoliini on kalsiumkarbonaatin jälkeen käytetyin täyteaine. Se on luonnon mineraali, joka esiintyy savena. Kaoliinipartikkelit ovat pieniä ja levymäisiä, jolloin nämä parantavat retentiota, opasiteettia, kiiltoa ja sileyttä. Levymäinen muoto kuitenkin heikentää vedenpoistoa ja haihtumista kuivatusosalla. Kaoliini ei vaahtoa ja sopii sekä neutraaleihin että happamiin olosuhteisiin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 13–14)

Kaoliinia esiintyy useissa paikoissa, mutta tärkeimmät esiintymät sijaitsevat Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Brasiliassa. Eurooppalaisen kaoliinin ominaispiirteisiin kuuluu hyvin levymäinen ja karkea rakenne, kun yhdysvaltalainen kaoliini on hienompijakoista ja vähemmän levymäistä. Partikkelien eroista johtuen kaoliinin valinnalla on vaikutusta paperin ja kartongin ominaisuuksiin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 13–14)

2.1.3 Talkki

Talkki muistuttaa kaoliinia monilta osin, mutta on kaoliinia levymäisempi rakenteeltaan ja hylkii vettä. Talkki valmistetaan erottamalla talkkimineraalit vuolukivimalmista. Talkin epäedullisia ominaisuuksia ovat vaahtoaminen ja lievät hankaluudet liettämisen suhteen. (KnowPap, 2013, raaka-aineet; Krogerus 2007, 58)

Talkkipartikkelit muodostavat hydrofobisen pinnan, joka pystyy absorboimaan orgaanisia epäpuhtauksia paperin ja sellun valmistusprosesseissa, jolloin esimerkiksi saostumia syntyy vähemmän. Hydrofobisen luonteen vuoksi talkin liettäminen veteen on vaikeaa. Dispergoinnissa pitääkin kostutuskemikaalien avulla muuttaa talkkihiukkasten pinta hydrofiiliseksi. Normaali dispergointiaine tarvitaan kostutuskemikaalin lisäksi. (KnowPap 2013, raaka-aineet; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 39)

2.1.4 Muut täyteaineet

Titaniumdioksidi on synteettisesti valmistettu erikoispigmentti. Sillä on kaksi kristallimaista esiintymismuotoa. Titaniumdioksidilla on erinomaiset vaaleus ja valonsironta ominaisuudet johtuen pienestä partikkelikoosta sekä synteettisen valmistusprosessin puhtaudesta. Huonona puolena titaniumdioksidilla on heikko retentio. Kalliista hinnasta johtuen titaniumdioksidin osuus on tuotteen täyteainepitoisuudesta alhainen 5–25 %. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 40; Krogerus, B. 2007, 60)

Kalsinoitu kaoliini valmistetaan karkeasta kaoliinista prosessoimalla se ensin hyvin pieneen partikkelikokoon. Tämän jälkeen tuote kalsinoidaan hyvin korkeassa 1000 °C:een lämpötilassa. Kiilto ja sileys pysyvät hyvinä kaoliini partikkelien rakenteellisen vakauden ansiosta. Muita hyötyjä kalsinoidusta kaoliinista on painatusjäljen paraneminen ja läpipainatuksen väheneminen. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 41; Krogerus, B. 2007, 62)

Kipsi, joka tunnetaan myös nimellä kalsiumsulfaatti, on valkoinen jauhe korkeilla vaaleusarvoilla. Väri vaihtelee valkoisesta vaalean harmaaseen. Kipsiä saadaan luonnosta, teollisuusprosesseista ja voimalaitoksista. Kipsiä on mahdollista käyttää kalsiumkarbonaatin tai kaoliiniin kanssa. Huonoja kipsin ominaisuuksia on korkea liukoisuus ja taipumus tukkia koneiden sisuksia. (KnowPap 2013, raaka-aineet; Krogerus, B. 2007, 63)

2.2 Täyteaineiden käyttöön soveltuvat paperit ja kartongit

Täyteaineita paperinvalmistuksessa käytetään pääasiallisesti korvaamaan kalliimpaa kuituraaka-ainetta ja parantamaan painettavuuteen liittyviä ominaisuuksia. Aina täyteaineiden käyttö ei kuitenkaan johdu edullisuudesta ja varsinkin painopapereiden osalta voi tulla kysymykseen käyttää kalliita täyteaineita, jos nämä parantavat huomattavasti paperin optisia ominaisuuksia ja painettavuutta. (KnowPap 2013, raaka-aineet)

2.2.1 Paino- ja kirjoituspaperit

Sanomalehtipaperi valmistetaan pääosin kierrätyspaperista (DIP). Havupuuta voidaan lisätä mukaan parantamaan paperin lujuuksia. Euroopassa uusimmat paperikoneet tuottavat sanomalehtipaperia pelkästään kiertokuidusta. Näillä tehtailla on yleensä siistaamo tehtaan läheisyydessä tehokkuuden parantamiseksi. Iso osa sanomalehtipaperin täyteaineista saadaan kiertokuidun mukana, mutta kiertokuitu on väriltään harmaata, joten täyteaineita käytetään halutun vaaleustason saavuttamiseksi. Neliömassa sanomalehtipaperilla vaihtelee välillä 40–48,8 g/m² ja pääkäyttökohteena on sanomalehdet. (Haarla, A. 2000, 24–26)

Luettelopaperi (TD) on sanomalehtipaperin kaltaista, mutta neliömassa on alhaisempi. Neliömassaväli on 28–40 g/m². Luettelopaperi valmistetaan mekaanisesta massasta ja uusiokuidusta. Lajissa käytetään vain vähän täyteaineita, näiden lujuutta laskevien ominaisuuksien takia. (Haarla, A. 2000, 27)

MFS-paperit (machine-finished specialities) sisältää laajan valikoiman papereita. Näitä papereita käytetään pääosin sanomalehtien liitteinä ja itse sanomalehdissä. MFS-paperit sisältävät suurimmaksi osin mekaanista massaa ja kiertokuitua käytetään myös. Verrattuna sanomalehtipaperiin MFS-paperit ovat painavampia, vaaleampia ja bulkkisempia. Täyteaineiden käyttö on vastaavaa kuin sanomalehti- ja luettelopaperin kanssa. (Haarla, A. 2000, 28; Wilson, I. 2006)

SC-paperi (supercalendered) on pääsääntöisesti valmistettu mekaanisesta massasta (GW, PGW tai TMP) ja sisältää runsaasti täyteaineita. Halutut paperin ominaisuudet määräävät millaisia massasuhteita käytetään. Hioke antaa hyvät optiset ominaisuudet ja

kuumehierrepuolestaan antaa parempia lujuuksia. Mekaanisen massan osuus SC:llä on 70–90 % ja tämän lisäksi tarvitaan 10–30 % kemiallista massaa tuomaan riittävät lujuudet. Täyteaineita on noin kolmannes paperin rakenteesta. Yleisin täyteaine SC-papereilla on kaoliini tämän kiiltoa, huokoisuutta ja painettavuutta parantavien ominaisuuksien vuoksi. Talkin pieniä partikkeleita voidaan käyttää parantamaan paperin tasaisuutta ja syväpainettavuutta. Neliömassa SC-paperilla vaihtelee välillä 39–80 g/m² ja käyttökohteita ovat aikakausilehdet ja luettelot. (Haarla, A. 2000, 28–30)

LWC-paperista (light weight coated) noin 60 % on mekaanista massaa ja 30 % kemiallista massaa. Täyteaineina käytetään kaoliinia, talkkia ja kalsiumkarbonaattia, joita on paperissa neljästä kymmeneen prosenttiin. Kokonaispigmenttimäärä LWC:ssä vaihtelee 24 %:sta 36 %:iin sen jälkeen kun paperi on päällystetty. Neliömassa LWC-papereilla on välillä 39–80 g/m² ja päällystettä on molemmin puolin 5–12 g/m². Täyteaineita tarvitaan LWC:ssä optisten ominaisuuksien parantamiseen ja kustannusten hallintaan. Käyttökohteita ovat aikakausilehdet, luettelot ja mainokset. (Haarla, A. 2000, 31–33)

MWC-paperit (medium weight coated) muistuttavat paljon LWC-papereita. MWC:ssä käytetään enemmän kemiallista massaa ja päällysteen määrä paperin molemmilla puolilla on suurempi (12–25 g/m²). Suurempi päällystemäärä saadaan päällystämällä paperi useampaan kertaan, jolloin vaaditaan enemmän lujuuksia pohjapaperilta ja tätä saadaan käyttämällä pitkäkuituista massaa. Neliömassa vaihtelee välillä 70–130 g/m², josta pigmenttien osuus on 28–45 %. Käyttökohteita ovat korkealuokkaiset aikakausilehdet ja lehtien kannet. (Haarla, A. 2000, 34)

MFC-paperi (machine finished coated) muistuttaa myös hyvin paljon LWC-papereita, mutta MFC:llä on korkeampi bulkki, joka antaa paperille enemmän jäykkyyttä. MFC-paperit ovat yleensä mattapintaisia ja päällysteen määrä on ohut (2–10 g/m²). Pohjapaperi koostuu suurimmaksi osin mekaanisesta massasta (60–85 %) ja kemiallisen massan roolina on yleensä vain lujuuksien antaminen. Neliömassa-alue MFC-papereilla on 48–80 g/m² ja pigmenttien kokonaispitoisuus on 20–30 %. MFC-papereita käytetään aikakausilehdissä, myyntiluetteloissa, mainoksissa ja kirjoissa. (Haarla, A. 2000, 34–35)

FCO-paperi (film coated offset) on jälleen yksi LWC:n kaltainen paperilaji. FCO eroaa LWC:stä päällystys-menetelmän suhteen: FCO:ssa käytetään filmipäällystystä mikä

säästää paremmin paperin bulkkia. Filmi myötäilee paperin epätasaisuuksia, jolloin päällysteen paksuus pysyy tasaisena. Neliömassa FCO-papereilla vaihtelee välillä 45–65 g/m² ja käyttökohteet ovat samat kuin LWC:llä. (Haarla, A. 2000, 35)

WFU-papereissa käytetään (wood free uncoated) yleensä vain kemiallista massaa kuituraaka-aineena, mutta joissain lajeissa voidaan käyttää mukana pieniä määriä mekaanista massaa. WFU-papereissa käytetään täyteaineita 5–30 % ja kalsiumkarbonaatti on yleisin käytetty johtuen tämän korkeasta vaaleudesta. Vaaleuden lisäksi tärkeitä ominaisuuksia WFU:lle ovat bulkki, sileyys ja lujuudet. WFU:n käyttökohteet ovat pääasiassa kirjoitus-, tulostus- ja kopiopaperit. Neliömassa vaihtelee pääosin välillä 70–100 g/m², mutta maailmalla tehdään myös vahvempia kuten 300 g/m² omaavia WFU-papereita. Pohjoismaissa kopiopaperilla on 80 g/m² standardineliöpaino. (Haarla, A. 2000, 35–36)

WFC-paperit (wood free coated) on päällystetty yhteen, kahteen tai kolmeen kertaan ja eivät yleensä sisällä mekaanista massaa. Yleisimmät pigmentit ovat kalsiumkarbonaatti ja kaoliini, joiden osuus paperista on 30–50 %. Käyttökohteina WFC:lle ovat mainokset, vuosikertomukset, kirjat sekä korkealaatuiset aikakauslehdet ja luettelot. Neliöpainoväli WFC-papereille on 70–300 g/m². (Haarla, A. 2000, 38)

2.2.2 Erikoispaperit

Etikettipaperit tehdään yleensä kemiallisesta massasta, jossa on sekoitettuna havu- ja lehtipuuta. Joissain etiketeissä käytetään myös mekaanista massaa. Pinta on yleensä päällystetty vähintään yhteen kertaan. Taustasta puolestaan tehdään hyvä pohja liimausta varten. Etiketit voivat olla itsekiinnittyviä, kuumasaumattavia tai liimattavia. Käyttökohteina ovat kaikenlaiset tuotteet, jotka tarvitsevat etikettiä kuten lasiastiat, säilyketölkit ja pullot. Neliöpaino vaihtelee etikettipapereilla välillä 60–90 g/m². (Meinander, P. O. 2000, 124)

Kirjekuoripaperia valmistetaan useilla erilaisilla massayhdistelmillä. Yleisimmin käytetyt massat ovat valkaistu ja valkaisematon sellu, mutta myös täysin kiertokuitupohjaista kirjekuoripaperia tehdään. Täyteaineiden pitoisuus vaihtelee välillä 0–15 %. Hydrofobiliimoja käytetään usein parantamaan kirjekuorien kestävyyttä kosteutta vastaan. (KnowPap, 2013, tuotteet ja ominaisuudet)

Pakkauspapereita käytetään kaikenlaisten tuotteiden pakkaamisessa. Näiden tehtävänä on suojata tuotetta iskuilta ja kosteudelta sekä lisäksi näyttää hyvältä. Pakkauspaperit suunnitellaan tuotekohtaisesti tiettyä loppukäyttökohdetta varten. Esimerkiksi hedelmäpakkaukset käsitellään biosideillä homehtumisen estämiseksi. (Meinander, P. O. 2000, 123)

Tapettipaperit valmistetaan mekaanisesta massasta jonka päällä joko on tai ei ole puuvapaata kerrosta. Tapettipaperin tärkeimpiä ominaisuuksia on painettavuus. Käytettyjä painomenetelmiä ovat flekso, offset ja silkkipaino. Kaikilla näistä painomenetelmistä on omat vaatimuksensa paperin pinnan suhteen. (Meinander, P. O. 2000, 128)

2.2.3 Kartongit

Kartongin valmistuksessa täyteaineet ovat yleensä peräisin uusiomassasta ja päällystetystä hylystä. Täyteaineiden käyttöä rajoittaa niiden ominaisuudet heikentää kartongeille tärkeää bulkkia ja jäykkyyttä. Pintakerroksissa käytetään hieman erikoispigmenttejä. (KnowPap, 2013, tuotantoprosessit; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 42)

FBB (folding box board) eli taivekartonkia käytetään monenlaisissa pakkausratkaisuihin kuten elintarvikkeiden, tupakan, kosmetiikka ja lääkkeiden pakkaamisessa. Tuotteiden suojaamisen vuoksi taivekartongilta vaaditaan hyvää jäykkyyttä. Hyvä jäykkyys mahdollistaa myös taivekartongista valmistettujen laatikoiden pinoamisen toistensa päälle. Jäykkyyden lisäksi puhtaus on taivekartongille tärkeää, koska pakattuihin tuotteisiin ei haluta siirtyvän vieraita hajuja ja makuja itse pakkauksesta tai tämän ulkopuolelta. Pakkauksen ulkonäön vuoksi taivekartongin pintakerroksen valkoisuus ja painettavuus ovat tulleet tärkeiksi vaadituiksi ominaisuuksiksi. (Kiviranta, A. 2000, 59)

FBB muodostuu useammasta kartonkikerroksesta. Pinta- ja pohjakerrokset ovat valkaistua kemiallista massaa. Pintakerroksen massa jauhetaan hyvin ja yleensä vielä päällystetään, jotta saavutetaan sileä pinta painoa varten. Pintakerroksen neliömassaväli on 45–60 g/m² ja pohjan on 25–30 g/m². Mekaanisesta massasta ja hylystä valmistettu keskikerros on paksuin ja antaa taivekartongille sen bulkkisen ja jäykän rakenteen.

Taivekartongin kokonaisnелиömassa vaihtelee välillä 160–450 g/m². Pintakerrosten neliömassat ovat yleensä lähellä toisiaan lajista riippumatta ja kokonaisnелиömassaa hallitaan muuttamalla keskikerrosta. (Kiviranta, A. 2000, 59)

WLC (white lined chipboard) eli valkopintainen keräyskuitukartonki on monikerroksinen kartonki, jonka pohja- ja pintakerrokset ovat valkaistua kemiallista massaa ja keskikerros on kiertokuitua, hylkyä ja mekaanista massaa. Joissain lajeissa myös pohjakerros voi olla valmistettu DIP:stä tai OCC:stä. Pinta- ja keskikerroksen välillä on useimmiten DIP:stä ja mekaanisesta massasta valmistettu suojakerros. Suojakerroksen tehtävä on parantaa pinnan vaaleutta käyttämättä kuitenkaan kallista sellua. Pintakerros on yleensä päällystetty ulkoasun parantamisen vuoksi. (Kiviranta, A. 2000, 60)

WLC:n käyttökohteet ovat vastaavat kuin FBB:llä, mutta kiertokuidun käytön vuoksi kaikkia elintarvikkeita ei voida suoraan pakata WLC-pakkauksiin. Elintarvikkeen pakkaus erilliseen muoviin mahdollistaa WLC:n käytön elintarvikkeiden kanssa. Neliömassaväli WLC:llä on 200–450 g/m². (Kiviranta, A. 2000, 60)

SBS (solid bleached board) eli valkaistu sellukartonki on valmistettu kokonaan kemiallisesta massasta. Massan pääraaka-aineena on valkaistu lehtipuusellu, jolla saadaan aikaan hyvä formaatio ja painettavuus. SBS:n keskikerroksessa on alettu myös käyttämään kemihierrettä. SBS:ää voidaan valmistaa sekä yksikerroksisena, että monikerroksisena. Perinteinen SBS on yksikerroksinen ja päällystetty, mutta nykyään SBS valmistetaan kolmikerroksisena. Monikerroksisesta SBS:stä saadaan valmistettua paketteja laajempaan käyttöön, kun pintakerros voidaan optimoida painettavuuden suhteen ja keskikerroksessa voidaan keskittyä bulkkiin. Etenkin kemihierrettä käytettäessä pintakerroksen valkoisuuteen pitää kiinnittää huomiota. (Kiviranta, A. 2000, 60–61)

SBS-kartonkia käytetään korkealaatuisissa nestepakkauksissa, kertakäyttöastioissa, elintarvike-, kosmetiikka ja muissa korkealaatuisissa pakkauksissa. Käyttökohteiden vuoksi SBS:ltä vaaditaan hajuttomuutta, mauttomuutta ja puhtautta. Neliömassaväli SBS:llä on laaja 125–600 g/m². (Kiviranta, A. 2000, 61)

SUS (solid unbleached sulfate board) eli valkaisematon sellukartonki valmistetaan kaksi- tai kolmikerroksiseksi ja jokainen kerros on valkaisematonta sellua. Pintakerros on pääosin lyhyttä lehtipuusellua, jotta pinta ja formaatio ovat tasaisia päällystystä varten. Pohjakerros on valkaisematonta havupuusellua. Keskikerros on valkaisematonta sulfaattisellua ja joillakin tehtailla käytetään myös OCC:tä. (Kiviranta, A. 2000, 61–62)

Kuten muillekin kartongeille, niin jäykkyys on SUS-kartongille tärkeä ominaisuus. Hyvä jäykkyys saadaan massan sopivalla jauhatusteella, pintaliimauksella ja bulkkia lisäämällä. Käyttökohteita ovat kuluttajapakkaukset kuten pakasteruoka-, virvoke- ja pesuainepakkaukset. Neliöpaino SUS:llä on yli 500 g/m². (Kiviranta, A. 2000, 62)

LPB (liquid packaging board) eli nestepakkauskartonkia käytetään monenlaisten nesteiden pakkaamiseen. Maito- ja mehuotteet ovat suurin käyttökohde. Pakkauksen tehtävä on suojella tuotetta kaasulta, mailta ja muilta nesteiltä. LPB-pakauksen suoja perustuu kartongin hydrofobiliimaukseen ja muov-/alumiinilaminointiin. (Kiviranta, A. 2000, 63–64)

Luonnollisesti LPB-paketilta vaaditaan puhtautta, joten vain ensiökuitua voidaan käyttää valmistuksessa. Nestepakkauskartongin kerroksen voivat olla valkaistuja tai valkaisemattomia. Kartonki on päällystettävissä ja keskikerroksessa voidaan käyttää kemihierrettä nostamaan bulkkia. LPB-pakkaukset painetaan useimmiten fleksolla, joten pinnan laadussa on suuremmat toleranssit. Jotkin pakkauksista menevät kuitenkin syväpainoon, jolloin etenkin pinnan sileys nousee hyvin tärkeäksi ominaisuudeksi. (Kiviranta, A. 2000, 64)

Aaltopahvin pinta- ja pohjakerroksia kutsutaan lainereiksi. Lainereita on kahdenlaisia: kraft- ja testlaineri. Kraftlaineri valmistetaan pääosin ensiökuidusta ja testlaineri puolestaan pääosin kiertokuidusta. Lainereiden neliömassa-alue on 125–350 g/m². (Kiviranta, A. 2000, 64–66)

Ruskean kraftlainerin pinta- ja pohjakerrokset ovat molemmat valkaisematonta havupuukuitua, mutta kuidut prosessoidaan siten, että pinnalle saadaan paremmat optiset ominaisuudet. Kun painojäljeltä vaaditaan enemmän, niin silloin käytetään pintakerroksessa valkaistua sellua. Tätä tuotetta kutsutaan valkopintaiseksi

kraftlaineriksi. Pintakerroksen ulkoasua ja opasiteettia parannetaan usein vielä lisää käyttämällä täyteaineita. (Kiviranta, A. 2000, 67)

Testlaineri koostuu suurimmalta osin OCC:stä, DIP:stä ja muista kiertokuiduista. Ensiökuitua voidaan käyttää pinnassa ulkoasun parantamiseksi. Testlaineri on usein nelikerroksinen helpomman tuotannonhallinnan vuoksi; vedenpoisto viiraosalla on helpompi hallita useammalla perälaatikolla. (Kiviranta, A. 2000, 67)

Fluting on aaltopahvin poimutettu keskikerros. Tämä voidaan valmistaa puolikemiallisesta massasta tai kiertokuidusta. Neliöpaino vaihtelee välillä 110–180 g/m². Fluting on yksikerroksinen ja lujuusominaisuudet ovat tärkeitä, etenkin kestävyys kokoonpuristumista vastaan. (Kiviranta, A. 2000, 70)

Yhteenveto papereissa ja kartongeissa käytetyistä täyteainemääristä on koottuna taulukkoon 1. Samassa taulukossa on eroteltuna myös massakoostumukset lajeittain.

TAULUKKO 1. Paperi- ja kartonkilajien kuitu- ja täyteainepitoisuudet (Grönfors, J. 2010, 27, muokattu)

Laji	Täyteaineet (%)	Mekaaninen	Kemiallinen		DIP (%)
		TMP, PGW (%)	Lehtipuu (%)	Havupuu (%)	
Sanomalehti	5–15	40	0	x	45
TD	0–5	45	0	x	50
MFS	0–5	70	0	0	30
SC	20–30	55	x	15	x
LWC	5–10	60	10	20	x
MWC	5–10	60	10	25	x
HWC	5–10	60	10	35	x
MFC	5–25	90	x	10	0
FCO	5–10	60	10	20	x
WFU	5–25	0	45	30	0
WFC	5–25	0	40	40	0
Etiketti	10	0	40	40	0
Kirjekuori	0–15	x	45	40	x
Pakkaus	5–20	x	x	x	x
Tapetti	5–15	65	20	0	0
FBB	0–5	60	20	15	0
WLC	0–5	30	20	15	30
SBS	0–5	0	80	20	0
SUS	0–5	0	40	60	x
LPB	0–5	0	80	20	0
Laineri	5–10	0	20	70	x
Fluting	0	x	0	0	100

(x = voidaan käyttää)

2.3 Uusimmat innovaatiot

Helsingin yliopiston farmasian tiedekunta on löytänyt nanosellulle uuden käyttötarkoituksen. Sellun nanokuituiselle kalvolle pystytään sitomaan valmistuksen yhteydessä lääkeaineita, jotka käytettäessä liukenevat nanoselluloosarakenteesta hyvin tasaisesti ja hitaasti. Käyttökohteita tulevaisuudessa voivat olla esimerkiksi kehoon sijoitettavat istutukset tai pitkäkestoiset ehkäisyvalmisteet, joissa lääkkeen hallittu vapautuminen on tärkeässä roolissa. Nanosellusta on helppo valmistaa lääketeollisuudelle steriilejä valmisteita ja se on lisäksi edullista, biohajoavaa sekä uusiutuvaa. (STT Viestintäpalvelut Oy 2013)

Helsingin yliopisto pyrkii löytämään myös muista metsäteollisuuden prosesseista lääkinnällisiä tuotteita. Mäntyöljystä saatavasta pinoleenihaposta voidaan mahdollisesti saada korvaajia nykyisille antibiooteille, joille monet bakteerit ovat jo vastustuskykyisiä. Mäntyöljystä vain 6-7 % on pinoleenihappoa, joten ensin tämä pitää erottaa mäntyöljyn muista osista. Gustav Boije af Gennäsin kehittämällä menetelmällä saadaan aikaiseksi 70 % seos, josta pystytään valmistamaan uusia johdannaisia. Nämä johdannaiset ovat laktoneja ja muistuttavat rakenteeltaan bakteerien viestimolekyylejä. Kun bakteerien viestintää voidaan sekoittaa, niin ihmisen oma immuunijärjestelmä saadaan aktivoitumaan aikaisemmin, jolloin myös itse infektio saadaan päättymään aikaisemmin. (Pajusola, K. 2013)

Lämpöherkkää paperia on valmistettu jo yli 20 vuotta Suomessa ja sen merkittävimpiä käyttökohteita ovat kassakuitit, etiketit sekä pääsy- ja matkaliput. Jujo Thermal Oy on kehittänyt haalistumattoman lämpöherkän paperin, jonka valmistuksessa ei käytetä ollenkaan fenoleja. Uudet paperit toimivat samoissa tulostimissa kuin entisetkin, mutta ovat mukavampia käsitellä ja tulostusjälki säilyy pidempään. Euroopassa kassakuitin kysyntä on noin 200 000 tonnia vuodessa, joista fenolittomien papereiden osuudeksi on arvioitu nousevan vähintään 20 prosenttiin. (STT Viestintäpalvelut Oy 2012)

2.4 Huokoisuus ja painettavuus

Tässä kappaleessa katsotaan ensin yleisiä piirteitä huokoisuuden ja painatuksen osalta. Lopussa käydään eri painomenetelmiä tarkemmin läpi alkaen offsetista ja päättyen digitaalisiin painomenetelmiin.

Huokoisuudella (merkitään φ) kuvataan usein materiaalia, jossa on reikiä. Vertaamalla reikien tilavuutta kokonaistilavuuteen saadaan laskettua huokoisuus. Ilman täyteaineita olevan paperin huokoisuus saadaan selville seuraavasti:

$$(1) \quad \varphi = \frac{V - V_f}{V} = 1 - \frac{\rho}{\rho_f}$$

missä V on koko arkin tilavuus, V_f on kuitujen viemä tila, ρ ja ρ_f ovat paperin ja kuituseinämien tiheydet. Huokoiset paperit ovat alttiimpia käyristymiselle ja mittapysyvyysongelmille johtuen herkemmistä kosteusmuutoksista. (Kajanto, I., Laamanen, J. & Kainulainen, M. 1998, 91)

Painotuotteen laatuun ja käyttäytymiseen painoprosessissa vaikuttaa suuresti materiaalivalinnat. Etenkin painoväriin ja paperin välisellä vuorovaikutuksella on suuri merkitys. Tyypillisiä ongelmia paperin painossa ovat läpipainatus sekä painoväriin kuivumis- ja asettumishäiriöt. Sileys on pääsääntöisesti hyvä paperin ominaisuus painettaessa, mutta liian tiivis ja sileä paperin pinta voivat aiheuttaa painoväriin tahrimista ja kuivumishäiriöitä (Karhuketo, H., Seppälä, M. J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004, 153; Viluksela, P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2007, 119)

2.4.1 Offset

Offset on yleisin painomenetelmä lukutuotteiden alalla. Tässä menetelmässä ei-painava ja painava pinta ovat samassa tasossa, mutta näiden pintakemialliset ominaisuudet eroavat toisistaan, jolloin painoväri saadaan pysymään omalla alueellaan. Offsetpainokoneet voidaan jakaa kahteen pääryhmään: arkkioffsetkoneet ja offsetrotaatiot. Arkkikoneet painavat arkeille ja rotaatiokone rullapaperille. Offsetrotaatiot voidaan jakaa vielä ilman painoväriin kuivainta oleviin coldset-offsetkoneisiin ja kuivaimen sisältäviin heatset-offsetkoneisiin. (Karhuketo ym. 2004, 91)

Offsetprosessissa painolevy kastellaan ensin kostutusvedellä, joka leviää levyn ei-painaville pinnoille. Tämä jälkeen levitetään öljypohjainen painoväri, joka puolestaan tarttuu ainoastaan painaville pinnoille. Painolevyltä painoväri siirtyy kumipinnalle ja siitä paperille kahden telan välisessä nipissä. (Karhuketo ym. 2004, 91)

Kasvattamalla nippipuristusta painoväri pyrkii tunkeutumaan voimakkaammin paperiin. Huokoiset ja päällystämättömät paperit päästävät värin helpommin lävitseen ja tämä voi näkyä läpipainatuksena paperin toisella puolella. Painoväriin lisäksi paperille siirtyy kostutusvesi, joka imeytyy helpommin, kun paperi on huokoista ja liimaamatonta. Veden vaikutuksessa paperin kuidut turpoavat ja tämä huomataan paperin mittamuutoksissa. Heatset-offsetissä alhainen huokoisuus päällystetyissä papereissa on

yhtenä syynä painoväriin kuplimiseen (blistering), kun paperin sisällä oleva vesi pyrkii ulos päällysteen ja painoväriin läpi. (Karhuketo ym. 2004, 91, 93, 105)

2.4.2 Syväpaino

Syväpainoa käytetään suuripainosten, aikakauslehtityyppisten lukutuotteiden ja sileäpintaisten pakkausten painamiseen. Pakkaus- ja aikakauslehtisyväpaino eroavat teknisesti joiltain osin toisiaan. Pakkaukset painetaan rullalta rullalle ja vain toiselle puolelle rataa. Lehtipainokoneissa on taittolaitte ja samalla ajolla saadaan painettua radan molemmat puolet. Nykyiset syväpainot ovat lähes pelkästään rotaatioita. (Karhuketo ym. 2004, 107)

Syväpainossa painava pinta on ei-painavaa pintaa alempana painosylinterissä. Painovaiheessa painopinta kastellaan juoksevalla painovärillä, jonka ylimäärät kaavitaan pois raakeliterällä. Painoväriä jää ainoastaan painopinnan syvennyksiin eli rasterikuppeihin. Painonipissä painoväri siirtyy rasterikupeista paperille. (Karhuketo ym. 2004, 107)

Värinsiirron kannalta paperin tärkeimmät ominaisuudet ovat pinnan tasaisuus ja kokoonpuristuvuus. Yksi syväpainon yleisimmistä laatuongelmista on painoväriin helmeily, joka näkyy epätasaisuutena tummien väripintojen kohdalla. Tämä johtuu painoväriin epätasaisesta absorptiosta, johon syynä voi olla paperin huokoisuuden epätasaisuus. (Karhuketo ym. 2004, 107,114; Helle, M. & Töyry, M. 2009, 53)

2.4.3 Kohopaino

Kohopainon käyttö on vähentynyt offsetrotaatioiden kehittämisen jälkeen ja tätä käytetään enää vain erikoistuotteiden painomenetelmänä. Arkkikohopainokoneita on muutettu useissa kirjapainoissa suorittamaan erikoistehtäviä, kuten nuuttausta, stanssausta, numerointia ja foliopainamista. (Karhuketo ym. 2004, 115)

Kohopainossa painava pinta on 1–2 millimetriä koholla ei-painavasta pinnasta. Koholla oleva painopinta telataan painovärillä, jonka jälkeen painoväri painetaan paperille. Koska painonipin molemmat puolet ovat kovia, niin paperin tärkeiksi ominaisuuksiksi nousevat tasainen paksuus ja sileys. (Karhuketo ym. 2004, 115–116)

2.4.4 Seripaino

Seripaino on monipuolinen painomenetelmä. Paperin ja kartongin lisäksi seripainolla voidaan painaa esimerkiksi tarroja, tekstiilejä ja lasia. Menetelmällä voidaan painaa lisäksi valmiisiin tuotteisiin ja myös kaareville pinnoille. (Karhuketo ym. 2004, 127)

Seripainossa painovärin läpäisevän seulakankaan päälle kiinnitetään painokaavio, jonka kiinteät osa muodostavat ei-painavan pinnan. Painokaavio tukkii seulakankaan, jolloin painoväri pääsee läpi ainoastaan halutuista kohdista. Värinsiirto tapahtuu levittämällä painoväri ensin seulakankaalle, jonka jälkeen painoväri puristetaan kumisella raakelilla seulakankaan lävitse painoalustalle. (Karhuketo ym. 2004, 127, 129)

2.4.5 Fleksopaino

Fleksopainoa käytetään paljon pakkausten painamiseen menetelmän joustavuuden vuoksi. Pakkausten ja paperin lisäksi fleksolla voidaan painaa runsaasti myös muille pinnoille, kuten esimerkiksi muoveille ja laminaateille. Painettava pinta voi olla karhea tai sileä. Fleksopainokoneet ovat suurimmaksi osaksi rotaatioita. (Karhuketo ym. 2004, 116–117)

Fleksopainossa käytetään joustavia painolevyjä, joissa painava pinta on koholla ei-painavasta. Matalaviskoottinen painoväri annostellaan painolevylle anilox-telalta, jossa on syväpainotyyppinen rasterikuppirakenne. Painolevyltä väri siirtyy paperille. Juokseva painoväri tunkeutuu helposti paperin huokosiin ja tämä näkyy pisteenkasvuna. (Karhuketo ym. 2004, 117; Helle, M. & Töyry, M. 2009, 47)

2.4.6 Digitaaliset painomenetelmät

Digitaalisissa painomenetelmissä informaatio tulostetaan paperille tietokoneen muistista. Digitaalisissa painotekniikoissa värinsiirto tapahtuu ilman painopinnan ja painoalustan välistä fyysistä kosketusta. Mekaanisen puristuksen sijaan käytetään esimerkiksi sähköstaattisia voimia. Digitaalisissa painomenetelmissä ei ole staattisia painolevyjä, joten informaatiota voidaan muuttaa painotapahtuman aikana.

Käytetyimmät digitaaliset painomenetelmät ovat mustesuihkutulostus (inkjet) ja elektrofotografia (laser). (Viluksela ym. 2007, 92, 94)

Elektrofotografiassa ensin muodostetaan latentti kuva sähköisenä varauskuviona. Varautuneet värihiukkaset asettuvat varauskuvion päälle, josta ne siirretään painopinnalle. Painopinnalla oleva väri kiinnitetään lämmön, puristuksen tai näiden yhdistelmän avulla. (Viluksela ym. 2007, 96–97)

Mustesuihkutekniikassa väriaine pisaroidaan ja suihkutetaan painoalustalle joko jatkuvan tai epäjatkuvan pisaroituksen menetelmällä. Jatkuvan pisaroituksen menetelmässä tuotetaan tasainen pisaravirta, josta ohjataan sähkövirran avulla sivuun ne pisarat, joita ei haluta painopinnalle. Sivuuun johdetut pisarat kerätään talteen. Epäjatkuvassa menetelmässä pisara tuotetaan vasta, kun sitä tarvitaan eli tulostuspään ollessa tulostettavan pisteen kohdalla. Kuten coldset offsetissä, niin mustesuihkutekniikassa painoväriin kiinnittyminen perustuu pelkästään värin imeytymiseen, joten paperilta vaaditaan riittävää huokoisuutta (Viluksela ym. 2007, 98–99; Helle, M. & Töyry, M. 2009, 70)

2.5 Kalanteroinnin vaikutus

Kalanterointi on prosessi paperin valmistuksessa, jossa paperikoneelta tullut raina johdetaan yhden tai useamman nipin läpi. Nipissä säädetään paperin paksuutta, kiiltoa, sileyttä ja tiheyttä haluttuun arvoon. Eri kalanterointimenetelmiä ovat kovanippikalanterointi, softkalanterointi, superkalanterointi, OptiLoad kalanterointi ja pitkänippikalanterointi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 204; KnowPap 2013, tuotantoprosessit)

Kovanippikalanterissa nipin muodostaa kaksi kovapintaista telaa. Kovanippikalanteria käytetään kone- ja välikalanterointiin. Kovalla nipillä saadaan tasoitettua paperin paksuutta. Tasoittaminen tiivistää ja aiheuttaa tiheysvaihteluja paperin rakenteeseen, kun paperi tiivistyy enemmän paksummista kohdista. Huonoina puolina kovanippikalanteroinnissa ovat paperin lujuuksien heikkeneminen, pinnan pölyäminen ja bulkin menetys. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 211; KnowPap 2013, tuotantoprosessit)

Softkalanterissa nipin muodostavista teloista ainakin toinen on joustava. Nippien määrä vaihtelee yhdestä neljään. Pehmeää telaa käyttämällä saadaan aikaiseksi pidempi nippi, jonka paine on matalempi verrattuna kovaan nippiin. Softkalanterointi aiheuttaa vähemmän kuitujen välisten sidosten rikkoutumista, joten lujuudet säilyvät paremmin verattuna kovanippiseen kalanterointiin. Softkalanterointi säilyttää myös bulkin, jäykkyyden ja optisia ominaisuuksia kovanippistä kalanterointia paremmin. Ainostaan sileys ja kiilto saadaan kovanippisellä paremmiksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 212; KnowPap 2013, tuotantoprosessit)

Superkalanterissa on useita nippejä (9–11), jotka muodostetaan kovilla valurautateloilla ja pehmeillä kuituteloilla. Paperi kiillottuu paremmin kovaa telaa vasten, joten parillisella telamäärällä tarvitaan kääntönippi, ettei paperista tule toispuoleista. Superkalanterointi voi jopa puolittaa paperin paksuuden, jolloin tiheys kaksinkertaistuu. Kun paperi puristuu kasaan, niin samalla rata levenee. Paperin huokostilavuus vaikuttaa leveydessä tapahtuviin muutoksiin. Pienellä huokostilavuudella paperin leveys kasvaa, mutta kuivuminen kaventaa rataa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 214–215; KnowPap 2013, tuotantoprosessit)

OptiLoad kalanteri muistuttaa rakenteeltaan superkalanteria, mutta kuitutelojen sijaan käytetään polymeeritiloja. Nippiluku on 5–11. Toisin kuin superkalanterilla, OptiLoad säilyttää saman viivakuorman jokaisen nipin kohdalla, jolloin bulkki ja optiset ominaisuudet säilyvät paremmin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 214–215; KnowPap 2013, tuotantoprosessit)

Pitkänippikalanterissa hyödynnetään pehmeitä hihnapinnotteita ja kenkäpuristin-teknologiaa. Kenkäkalanteri koostuu kenkätelasta ja termotelasta. Kengän leveys määrittää nipin leveyden, joka voi olla jopa 275 mm. Hihnakalanteri muistuttaa softkalanteria, mutta hihnakalanterin pinnoite on pehmeämpi ja on lisäksi irti vastatelasta. Pitkänippikalanteroinnin merkittävin ominaisuus on huomattava bulkin säästö. (KnowPap 2013, tuotantoprosessit)

Kalanterointi pienentää huokostilavuutta ja nostaa tiheyttä. Nämä muutokset alentavat paperin valonsirontaa. Kalanterointi ei kokonaisuutena kuitenkaan aina laske valonsirontaa, sillä valonsironta voi kasvaa, jos paperi sisältää suuria huokoisia. Paperia

voidaan tällöin puristaa ilman vaikutusta huokosten rakenteeseen. Lisäksi täyteaineiden käyttö auttaa nostamaan valonsirontaa kalanteroidessa. (Pauler, N. 2002, 81)

LÄHTEET

- AEL / Proledge Oy 2012. KnowPap Versio 15.0. Luettu 20.1.2014.
http://www.knowpap.com.elib.tamk.fi/extranet/suomi/knowpap_system/user_interfaces/knowpap.htm
- Grill, R. & Haskins, W. 2000. Paperboard Filling Experiences with Precipitated Calcium Carbonate. (PCC) for the New Millennium. Luettu 10.2.2014.
http://www.specialtyminerals.com/fileadmin/user_upload/smi/Publications/S-PA-AT-PB-58.pdf
- Grönfors, J. 2010. Use of fillers in paper and paperboard grades. Paperitekniiikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö
- Helle, M. & Töyry, M. 2009. Principles of conventional printing. Teoksessa Oittinen, P. & Saarelma, P. (toim.) Papermaking Science and Technology, Book 13, Print Media - Principles, Processes and Quality. Helsinki: Fapet Oy, 40–87.
- Häggbloom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Kemiallinen metsäteollisuus 2. Paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Opetushallitus.
- Haarla, A. 2000. Printing and writing papers. Teoksessa Paulapuro, H. (toim.) Papermaking science and Technology, Book 18, Paper and Board Grades. Helsinki: Fapet Oy, 13–53.
- Karhuketo, H., Seppälä, M. J., Törn, T. & Viluksela, P. 2004. Kemiallinen metsäteollisuus III. Paperin ja kartongin jalostus. 2. uudistettu painos. Opetushallitus.
- Kajanto, I., Laamanen, J. & Kainulainen, M. 1998. Paper bulk and surface. Teoksessa Niskanen, K. (toim.) Papermaking Science and Technology, Book 16, Paper Physics. Helsinki: Fapet Oy, 88–115.
- Kiviranta, A. 2000. Paperboard grades. Teoksessa Paulapuro, H. (toim.) Papermaking science and Technology, Book 18, Paper and Board Grades. Helsinki: Fapet Oy, 54–72.
- Krogerus, B. 2007. Papermaking additives. Teoksessa Alén, R. (toim.) Papermaking science and Technology, Book 4, Papermaking Chemistry. Helsinki: Fapet Oy, 54–121.
- Meinander, P. O. 2000. Specialty papers. Teoksessa Paulapuro, H. (toim.) Papermaking science and Technology, Book 18, Paper and Board Grades. Helsinki: Fapet Oy, 100–129.
- Pajusola, K. 2013. Sivuvirrat hyötykäyttöön. Luettu 27.1.2014.
<http://www.paperijapuu.fi/sivuvirrat-hyotykayttoon/>
- Pauler, N. 2002. Paper optics. Sweden: Elanders Tofters.
- STT Viestintäpalvelut Oy. 2012. Suomalainen innovaatio valtaa maailmaa – kestävä ja haalistumaton vaihtoehto kuittipaperille. Luettu 26.1.2014.
<https://www.sttinfo.fi/release?releaseId=55833>

STT Viestintäpalvelut Oy. 2013. Nanokuituinen selluloosa takaa tasaisen lääkeannostelun. Luettu 27.1.2014.
<https://www.sttinfo.fi/release?releaseId=3323636>

Viluksela P., Ristimäki, S. & Spännäri, T. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Opetushallitus.

Wilson, I. 2006. Filler and Coating Pigments for Papermakers. Luettu 30.1.2014.
<http://wakaolin.com/Website%20pdfs/IRW%20PAPER%20PIGMENTS%20%20SME%202006.pdf>